



SISTEMA DE ALTAVOCES “REFLEX” EN EL INTERIOR DE VEHICULO APLICADO AL CONTROL ACTIVO DEL RUIDO

REFERENCIA PACS: 43.38.-p

Siguero, Manuel; Cobo, Pedro
Instituto de Acústica. CSIC.
Serrano 144, 28006
Madrid. España
Tel: 34 915 618 806
Fax: 34 914 117 651
E-Mail: iacms00@ia.cetef.csic.es ; iacpc24@ia.cetef.csic.es

ABSTRACT

Loudspeakers with optimal performance within the frequency band (50, 200) Hz are looked for a multichannel Active Noise Control (ANC) inside a car. Since the space available in the car compartment is limited, it is hard to radiate such low frequencies with small loudspeakers within small boxes. A possible solution is to use vented loudspeakers tuned to this frequency range. The results of the optimization of the performance of typical car loudspeakers in a 12.8 liter vented box, based upon the MLS method, are presented.

RESUMEN

Para un sistema de Control Activo del Ruido (CAR) en el interior de un vehículo es preciso optimizar el funcionamiento de una serie de altavoces en el margen de frecuencias entre 50 y 200 Hz. Dado que el espacio disponible en el interior del vehículo es limitado, es complicado reproducir dichas frecuencias con altavoces y “baffles” asociados de pequeño volumen. Una posible solución puede ser el uso de resonadores sintonizados con los márgenes de frecuencia que se precisan. Este trabajo presenta los resultados de la optimización de altavoces de coche en una caja de 12.8 litros basada en el método MLS.

INTRODUCCION

A finales del siglo XIX Hermann HELMHOLTZ descubre que el aire encerrado en una cavidad conformada por una ventana (como puede ser la estructura de un cántaro para agua) presenta una frecuencia de resonancia única. También observó que la resonancia se hacía más grave si se acoplaba un túnel (cuello de cántaro más largo) a dicha ventana. En la práctica una ventana siempre lleva asociado un túnel que tiene una longitud igual al espesor del material de la cavidad. La masa de aire contenida en el conjunto ventana – túnel puede oscilar a lo largo de ella apoyada sobre el volumen de la cavidad, que hace el efecto de un muelle.

Posteriormente Lord RAYLEIGH en su “Theory of Sound” del año 1945, demuestra que la longitud de la columna de aire que oscila es algo mayor que la longitud del túnel y que puede calcularse con la expresión simple:

$$L_T = L + 1.64 \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

Siendo L la longitud del túnel y S el área de dicho túnel.

La frecuencia de resonancia del resonador se puede calcular por la expresión:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{L_T V}}$$

Si se desea una frecuencia de resonancia baja, el volumen debe ser lo más grande posible. La opción de utilizar una superficie de ventana pequeña con exagerada longitud de túnel en un resonador de poco volumen, implica grandes velocidades en la columna de aire oscilante que fuerzan la aparición de torbellinos y a pérdidas por rozamiento, lo que equivale prácticamente a un cierre de la ventana.

La longitud del túnel debe ser, en todo caso, inferior a 1/12 de la longitud de onda a f_0 , con objeto de mantener la uniformidad de la presión sonora en su interior.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se ha usado el sistema MLSSA basado en el método MLS (Rife and Vanderkkooy, 1989; Rife, 1996). El método MLS es esencialmente una técnica de medida de la respuesta impulsiva de un sistema lineal. A partir de la respuesta impulsiva, se pueden calcular otras características del sistema lineal en el dominio temporal (respuesta escalón, curva energía-tiempo, caída reverberante,...), en el dominio frecuencial (función de transferencia, sensibilidad, impedancia, retardo de fase, coherencia, diagrama de Nyquist,...), o en el dominio conjunto tiempo-frecuencia (transformada de Wigner, Caída Espectral Acumulativa,...) (Siguero y Cobo, 1998).

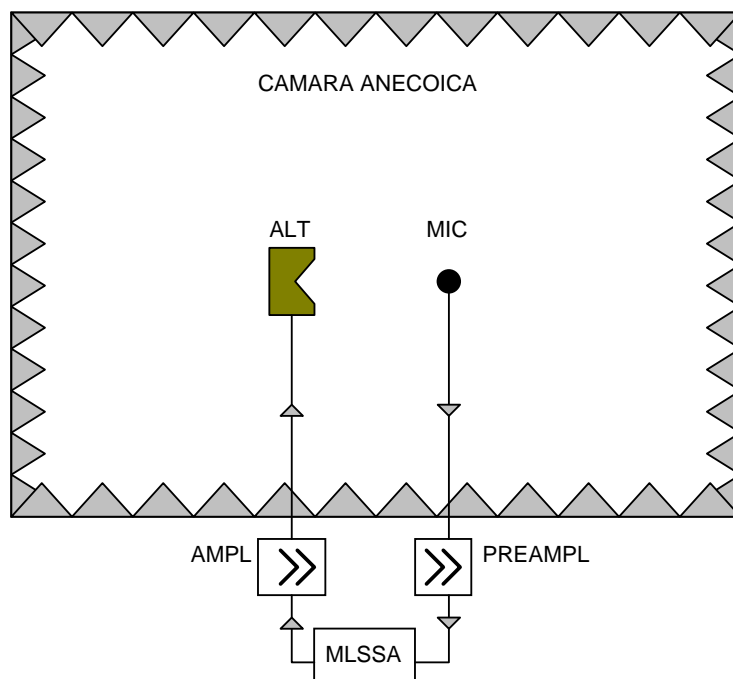


Figura 1. Esquema de la medida de altavoces en cámara anecoica con el sistema MLSSA

La Figura 1 muestra un esquema del procedimiento de medida. El altavoz y el micrófono están dentro de una cámara anecoica. La señal MLS generada por el sistema MLSSA es amplificada antes de excitar el altavoz. La señal captada por el micrófono es preamplificada antes de entrar al sistema MLSSA.

Altavoces usados:	2 de 6.5" identificados en lo que sigue como A1 y A2
Caja de altavoces:	caja de madera de 12.8 litros rellena con material absorbente
Micrófono:	B&K 4161
Amplificador:	Desarrollado en el IA
Pre-amplificador:	B&K 2636
Separación A-M:	0.8 m

En la caja se hace un orificio de 5 cm de diámetro. Se usa tubo de PVC de diámetro interior 42 mm. Para cada uno de los altavoces se miden la sensibilidad y la impedancia con la caja herméticamente cerrada, con el orificio abierto, y con tubos de 3 y 10 cm de longitud.

RESULTADOS

Las Figuras 2 y 3 muestran las curvas de sensibilidad de los altavoces A1 y A2, respectivamente, dentro de la caja herméticamente cerrada, o con diferentes condiciones de "Reflex". En ambos casos, la sensibilidad del altavoz en una caja con orificio supera en unos 4 dB a la correspondiente a la caja herméticamente cerrada. Es muy importante resaltar que el sistema MLSSA permite medir (y tener en cuenta en la sensibilidad) la curva de respuesta en frecuencia del amplificador. En la Figura 4 se comparan las sensibilidades de los altavoces A1 y A2 en la caja con orificio y sin tubo. El altavoz A2 tiene una sensibilidad mayor en la banda (100, 150) Hz pero menor en la banda (150, 200) Hz.

El efecto del "reflex" es muy evidente en las curvas de impedancia de las Figuras 5 y 6. Como puede observarse, el abrir un orificio en la caja desplaza el pico de la impedancia hacia frecuencias ligeramente más altas, al tiempo que provoca la aparición de otro pico a frecuencias más bajas.

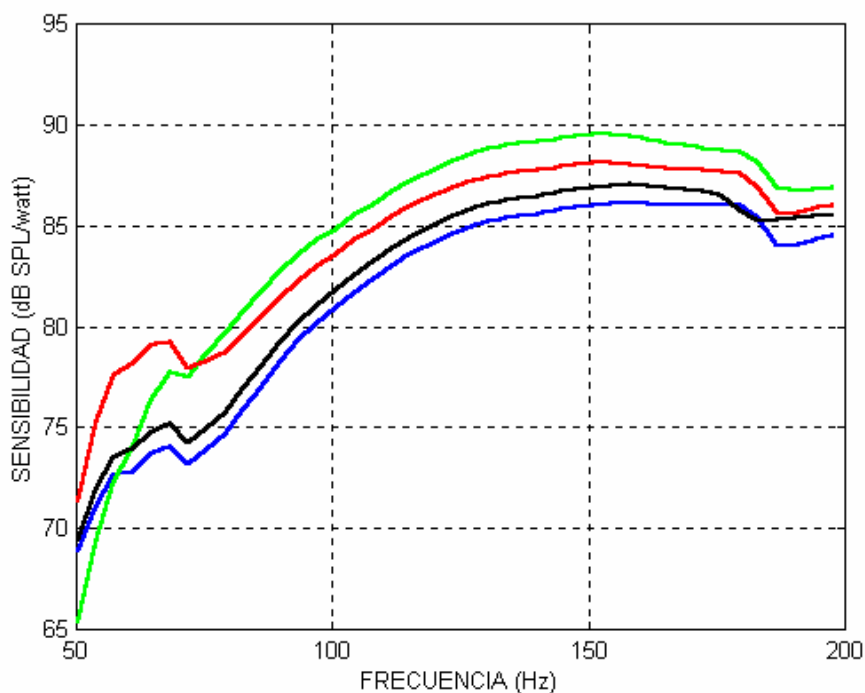


Figura 2. Sensibilidad del altavoz A1 en caja cerrada (azul), orificio (verde), tubo de 3 cm (rojo), y tubo de 10 cm (negro)

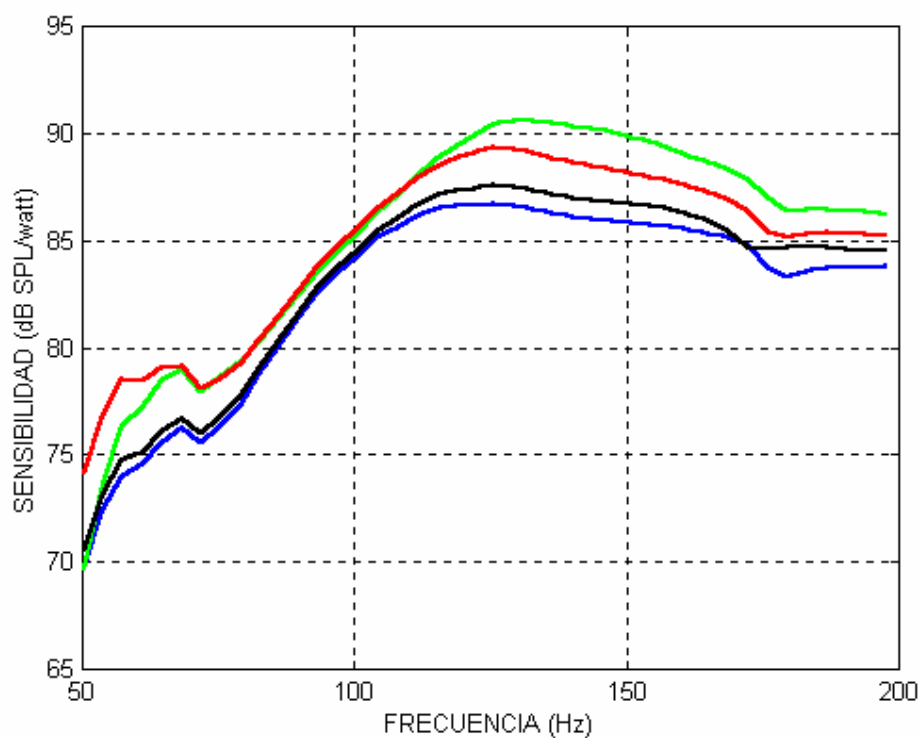


Figura 3. Sensibilidad del altavoz A2 en caja cerrada (azul), orificio (verde), tubo de 3 cm (rojo), y tubo de 10 cm (rosa)

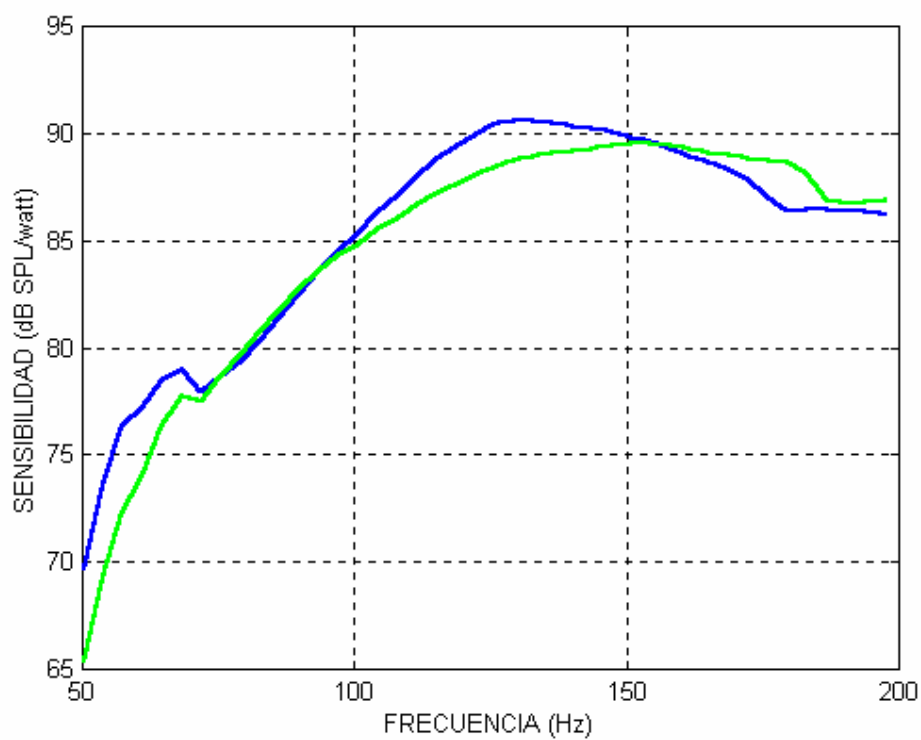


Figura 4. Comparación de las sensibilidades de los altavoces A1 (verde) y A2 (azul) en la caja con orificio

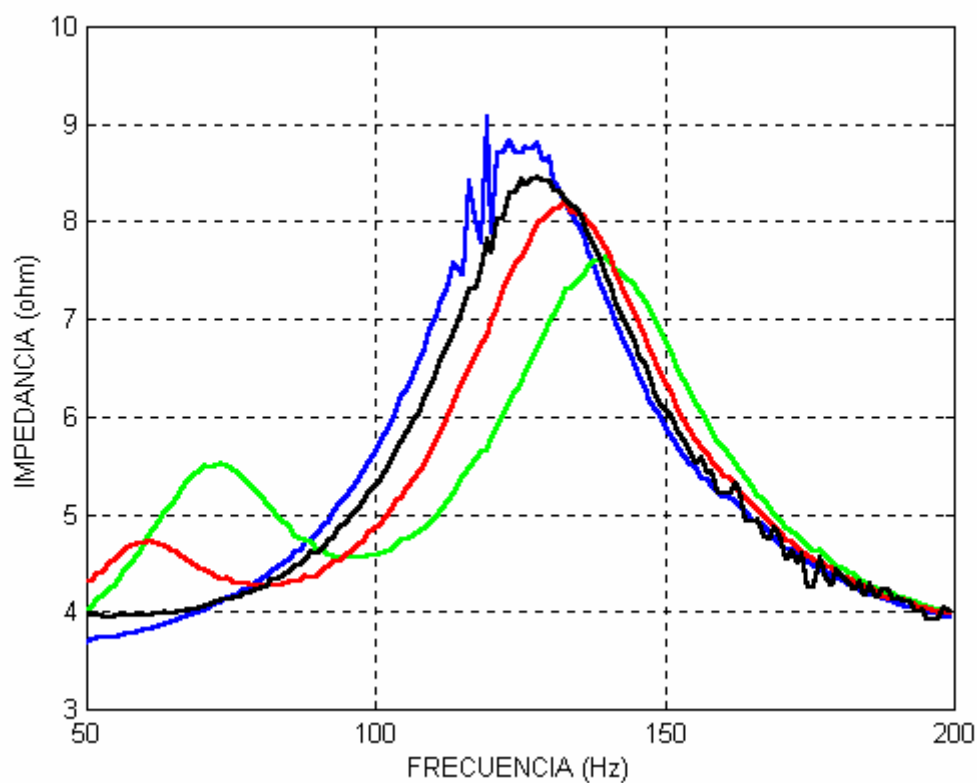


Figura 5. Impedancia del altavoz A1 en caja cerrada (azul), orificio (verde), tubo de 3 cm (rojo), y tubo de 10 cm (negro)

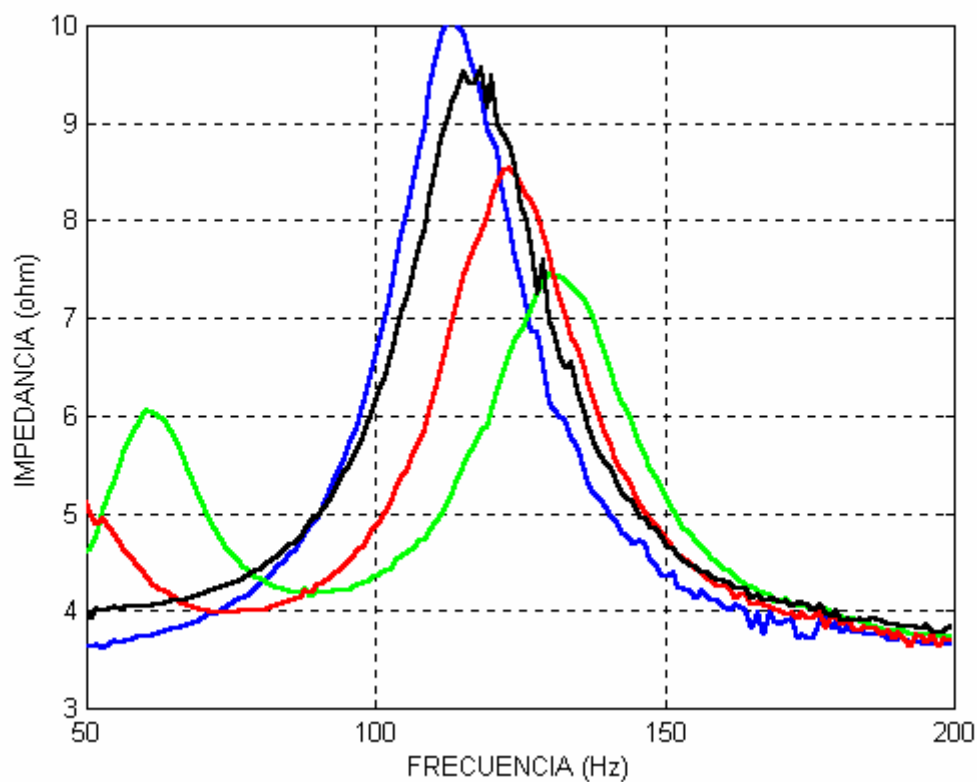


Figura 6. Impedancia del altavoz A2 en caja cerrada (azul), orificio (verde), tubo de 3 cm (rojo), y tubo de 10 cm (negro)

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El cálculo teórico de la longitud del túnel para una caja acústica de las características descritas, y para un orificio de las citadas dimensiones, coincide con las respuestas en frecuencia medidas, obteniéndose un incremento superior a los 5 dB en el rango de frecuencias de interés, es decir, entre 70Hz y 130 Hz, para la aplicación concreta del Control Activo de Ruido objeto de éste trabajo.

El proceso de medida utilizando el procedimiento basado en el método MLSSA confirma su bondad como ya habíamos expresado en anteriores trabajos. Nos ha permitido comparar con rapidez y eficiencia túneles de distintas áreas y longitudes, obteniendo un óptimo resultado con los parámetros y gráficas que aquí se presentan.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), proyecto AMB99-1095-C02-01.

REFERENCIAS

- Rife, D.D. and Vanderkooy, J., 1989. "Transfer function measurement with Maximum-Length Sequences". J. Audio Eng. Soc., 37(6), 419-444.
- Rife, D.D., 1996. "MLSSA Reference Manual". DRA Laboratories.
- Siguero, M. y Cobo, P., 1998. "Comparación entre los métodos clásico y MLS para la calibración de altavoces". TECNIACUSTICA 98, 375-378.